

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究終了報告書】

研究代表者	氏名(ふりがな)		所属		役職
	沢田 和秀		岐阜大学流域圏科学研究センター		准教授
研究テーマ	名称	レーザー波干渉を利用した亀裂性岩塊の遠隔からの安全な安定性調査法の確立			
	政策領域	[主領域](7)防災・災害復旧対策	公募タイプ	タイプ	
		[副領域]			
研究経費(単位:万円)	平成20年度	平成21年度	平成22年度	総合計	
実績額(税込)を記入。端数切り捨て。	273	913	5	1191	
研究者氏名	(研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)				
氏名	所属・役職(平成23年3月31日現在)				
馬 貴臣	岐阜大学工学部・准教授				
研究の目的・目標 <p>斜面災害のなかで、落石は最も頻度が高い。落石対策は、発生源対策と防護工に分けられる。自然災害に対する防災工事への費用投入が抑えられ続けている現状では、発生源対策を施しつつ、対処できない部分を防護工で補う効率的対策が望まれる。亀裂性岩盤斜面の安定性調査は、高感度加速度計を直接岩盤に設置し、振動特性を評価することにより安定度の評価を行う方法が一般的である。ところが、不安定な岩盤に接触し、計測器を設置し近距離で計測・調査することは大変危険であり、手間もかかるうえに費用も安くない。</p> <p>本研究では、これに変わる方法として、レーザー波のドップラー干渉を利用した岩盤の変位調査による安定性の評価法を提案する。模型実験や実際の亀裂性不安定岩塊の調査を行い提案手法による評価データを蓄積するとともに、提案手法の検証として、既存の手法との比較を行う。これらの成果により、不安定岩塊の非接触調査手法を確立する。</p>					

これまでの研究経過・目的の達成状況

研究開始当初は、既存法と同様に、レーザー波のドップラー干渉を利用した遠隔からの計測により、不安定岩塊の常時微動を計測することにより安定度評価を行うことを目標として研究を進めた。しかし、常時微動のみで計測データを用いて評価を行った場合、バラツキが大きく、十分な精度で評価結果が得られない場合があることが明らかとなった。そのため、まず、計測データの精度向上を目的として、誤差の発生要因を抽出するとともに、その対策について整理した。その後、新たに振動源を設けて計測を行う方法や、継続的なモニタリングにより安定度を評価する方法を提案し、模型や実岩盤斜面を対象として検証を実施することにより、これらの方法の有効性を確認した。

研究代表者である沢田は、模型実験や実岩盤斜面の計画と実施、計測時における誤差の発生要因の抽出、および研究全体の統括を担当した。また、共同研究者である馬は、データの評価や分析を担当した。

中間評価で指摘を受けた事項への対応状況

中間評価における指摘事項

従来法に比して、安定性判定の原理や精度、データ処理等に課題があり、当初予定した遠隔からの安全な安定性調査法の確立は困難な状況であると判断されることから、これまでの成果の取りまとめのみに注力するよう、研究計画を修正する必要がある。

対応状況

本研究では、従来法と同様に、岩塊の振動速度振幅を対象とするデータ処理により、不安定な岩塊を定量的指標によって抽出することを目的とした。しかし、従来法（接触型）とは異なり、提案法では遠隔から非接触で振動を計測するため、計測されたデータにバラツキが多く、従来法と同様の定量的評価手法を確立するに至らなかった。安定度評価に対し、計測データのバラツキが問題になっている可能性が最も高いため、非接触の計測手法により、評価に値するデータを取得できる計測方法をまとめた。

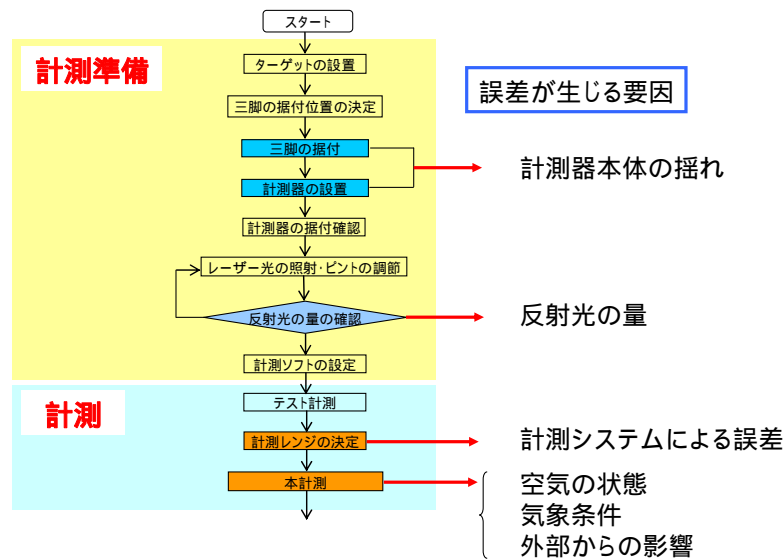
まず、レーザー光の反射波を利用した計測であるため、安定したデータを取得するための計測時の留意事項をまとめた。次に、取得したデータを解析処理するにあたり、計測から安定度評価に至るまでのプロセスを確認し、解析誤差が生じる可能性のある処理過程を抽出した。解析誤差が大きくなならない事に留意して計測および解析を行ったが、従来法と同様の評価ができるには至らなかったが、一定以上の計測条件を満たせば、不安定岩塊を抽出できることがわかった。

研究成果

本研究で行った各種実験や検証により、提案法であるレーザー波のドップラー干渉を利用した非接触調査方法について、以下のような成果や知見が得られた。

計測誤差の発生要因の整理

計測時の誤差について、その発生原因を、計測器本体の揺れ、反射光の量、計測システムによる誤差、空気の状態、気象条件、外部からの影響の6種類に分類し、誤差が発生する条件等について整理した。この際、本研究内で行った模型実験や実岩盤斜面を対象とした計測結果を使って、計測波形や計測条件等と計測波形に現れる誤差を具体的に示した。また、各誤差要因について、計測時の注意点や、解析時の有効な誤差の除去方法についてまとめている。さらに、下図のように、計測の一連の流れの中で、各誤差要因がどの段階で発生するかを明確にしている。そのため、定性的ではあるものの、本研究で整理した情報を基にして、計測時の条件や計測データの良し悪しを判断することができると考えられる。本研究で整理した誤差や、計測時の留意点を十分に理解せずに計測した場合、本来の振動特性とは異なる評価結果を出力する可能性が高く、適切な評価結果が得られないだけでなく、同一対象を計測しても毎回異なる結果が得られる場合もあり、余計な混乱を招く可能性がある。そのため、本研究で整理した誤差の情報は、今後の計測や関連する研究の中で、計測時のマニュアルとして有益な情報を与えるものである。



計測手順と誤差の発生箇所

提案法の適用性に関する検証の成果

模型や実岩盤上を用いた検証結果により、卓越周波数、RMS速度振幅比、減衰定数などの従来法でも使われている指標を用いた場合、本研究で提案するレーザーを利用した非接触評価手法では、安定度を明確に判断できないことがあることが明らかになった。しかしながら、従来法と提案法のよい整合性が確認されているケースも存在した。これらのケー

研究成果（つづき）

ス进行分析した結果、ある程度不安定化した岩塊の場合、従来法と提案法でよい整合性があることが確認された。これは、不安定化した岩塊の場合は、安定しているものに比べて振動が大きくなりやすく、そのような場合には提案法でもよい精度で振動特性を評価できるためであると考えられる。この結果を受けて、計測対象の周辺で人為的に振動を発生させることにより、計測対象の振動を大きくした条件で計測する方法を試みた。その結果、模型による実験と実際の岩盤斜面の計測結果から、振動を与える方法は有効であることを確認した。これにより、常時微動では評価の難しい場合でも、外部から付加的に振動が入るような条件では、提案法でもよい精度で岩塊の安定度を評価できることを確認した。この事実は、今後の関連する研究に対して、非常に有益な情報である。

モニタリング計測による評価の提案

常時微動のみで亀裂性岩盤の安定性を評価するための新たな方法として、モニタリング結果に基づく評価方法を提案した。この検証のために、コンクリートブロックを段積みにして、格段の振動特性を評価した。その結果、計測対象の卓越周波数は不安定さを増すほど低くなり、また、フーリエスペクトルの中に卓越周波数が明確に表れることが確認された。そのため、提案法を用いて定期的なモニタリングを実施することで、不安定岩塊が不安定化していく様子进行评估することができる可能性があることが明らかとなった。この成果は、提案法の可能性を広げるだけでなく、関連する研究や計測に対して非常に有益な情報であると考えられる。

以上の研究結果を基に、提案法の適用方法として、以下の3種類の方法を提案し、それぞれの方法について、今後研究を進めるべき項目を整理した。

A. 従来法と同様の常時微動による評価方法

従来法と同様に、対象の振動を計測し、卓越周波数、減衰定数、RMS速度振幅比などの指標を用いて、安定性を評価する。先述のように、ある程度不安定化して振幅が大きい対象であれば、評価が可能となるが、評価可能であるかどうかを判断する定量的な指標が必要である。

B. 振動源を設けて加振した計測結果による評価

常時微動では評価が難しい対象であっても、振動源を設けて、加振中に計測することで、評価が可能となるケースがある。これについては、本研究内でデータの蓄積は行っており、その有効性は確認されている。振動源の振動特性や、計測対象と振動源の位置関係などについてさらに詳細なデータを蓄積して、より効率的な計測を可能とする振動源について検討する必要がある。

C. モニタリング計測による評価

計測時期を変えて複数回計測し、卓越周波数の値やスペクトル进行分析することにより、計測対象の安定度が変化していく様子を確認できる。本研究の成果により、模型実験のレベルでは有効性が確認されている。実岩盤斜面を対象とした検証が必要である。

研究成果の発表状況

山崎智久, 八嶋厚, 沢田和秀, 馬貴臣, レーザー波干渉装置を用いた岩盤の微動計測に関する基礎的研究, 平成21年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, III-48, pp.311-312, 2010.

野々山栄人, 沢田和秀, 八嶋厚, 馬貴臣, 山崎智久, レーザー波干渉装置を用いた亀裂性岩塊の安定性調査法の確立, 第19回調査・設計・施工技術報告会, pp.48-55, 2010.

山崎智久, 野々山栄人, 八嶋厚, 沢田和秀, 馬貴臣, レーザー波干渉装置を用いた岩盤安定度評価に関する基礎的研究, 第45回地盤工学研究発表会発表講演集, No.900, pp.1799-1800, 2010

馬貴臣, 沢田和秀, 八嶋厚, 斉藤秀樹, レーザー波干渉を利用した遠隔計測による岩盤安定性評価, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集, III-079, pp.157-158, 2009.

研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

イベント名：建設技術フェア2008in中部

実施日：2008年10月29日（水）・30日（木）

出展テーマ：安全・安心な社会のための最新斜面防災技術

参加者：14400名

イベント名：建設技術フェア2009 in中部

実施日：2009年10月28日（水）・29日（木）

出展テーマ：安全・安心な社会のための最新斜面防災技術

参加者：6600名

研究の今後の課題・展望等

研究成果の部分に記載したように、本研究で提案しているレーザー波のドップラー干渉を利用した非接触調査方法には、従来法と同様の常時微動による評価方法、振動源を設けて加振した計測結果による評価方法、モニタリング計測による評価の3種類の利用が考えられる。この中で、加振する方法とモニタリング計測による方法については、今後より詳細に検討を実施することで、実務レベルでの利用が可能になると考えられる。特に、モニタリング計測による評価では、安定した状態では評価結果に明確に表れない卓越周波数が、安定度が低下することにより明確に表れるという性質を利用したものであり、これは、常に卓越周波数が得られるような高精度な計測を期待するものではなく、計測的にモニタリングすることでその振動特性の変化から相対的に安定度の変化を見極めようとするものである。そのため、安定度の高い計測対象で十分な精度で卓越周波数などを評価する必要がなく、本研究の中で確認された提案法の計測制度でも十分に対応可能と考えられる。本研究では、コンクリートブロックを用いた模型実験により、その有効性を確認しているが、実務レベルでの利用を目的として、実岩盤斜面を対象とした計測データの蓄積とその分析が必要である。

研究成果の道路行政への反映

遠隔から非接触で不安定岩塊を抽出することができれば、特に山岳地で落石の危険性を有する道路に対して有効な対策の手助けとなる方法と考えた。本研究では、定量的な不安定岩塊を抽出する手法を確立するには至らなかったが、不安定な岩塊が有する振動の特性の傾向を把握することができた。これによって、モニタリング的に「1. 安定している岩塊が不安定化する」あるいは「2. やや不安定な岩塊がさらに不安定化する」傾向を把握できる手法の一つと考えることができる。特に、「1. 安定している岩塊が不安定化する」では、発生源対策として施工した、岩盤接着工・ワイヤネット掛工などの管理手法の一つとして利用可能と考えられる。また、「2. やや不安定な岩塊がさらに不安定化する」ことについても、モニタリングを実施することで安定性の経時変化を捉えることが可能となる。つまり、維持管理のためのモニタリング手法の一つとして、有効に活用できる可能性が見いだせた。この手法の利点として、遠隔からの計測であり、数多くある管理現場に出向き、近接で目し点検する前の、スクリーニングの利用が考えられる。このような管理において、多くの計測データを取得し、それらをデータベース化することにより、本研究の目標であった、不安定岩塊の抽出を根拠づけるデータとして蓄積し、ひいては不安定岩塊抽出のための定量的評価法を確立できるバックデータとして利用可能と考える。

自己評価

先述のとおり、本研究で提案した非接触計測により安定度を評価する方法は、常時微動のみでは計測されたデータにバラツキが多く、従来法と同様の定量的評価手法を確立するに至らなかった。しかしながら、計測時の誤差要因を踏まえた計測手順の整備や、加振やモニタリング計測による新たな評価方法の提案を行っている。新たに、提案した方法については、本研究内で有効性が確認されており、今後の継続的な研究により、実務レベルでの利用が期待される。また、本研究で行った各種計測データとその評価結果は、今後の関連する研究に対して非常に有効なバックデータとなると考えられる。

提案時の研究目標には至っていないため、研究の達成度については十分とは言えないが、維持管理のためのモニタリング手法の一つとして、有効に活用できる可能性が見いだせた。また、本研究により得られたな知見や多くの計測データは、今後の関連する研究にとって非常に有益な情報となると考える。